

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-88356

(43)公開日 平成5年(1993)4月9日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 3 F 1/08	D	7369-2H		
H 0 1 L 21/027		7352-4M	H 0 1 L 21/ 30	3 0 1 P

審査請求 未請求 請求項の数1(全 6 頁)

(21)出願番号 特願平3-291466

(22)出願日 平成3年(1991)11月7日

(31)優先権主張番号 特願平3-167381

(32)優先日 平3(1991)6月13日

(33)優先権主張国 日本(JP)

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 松本 宏一

東京都品川区西大井1丁目6番3号 株式

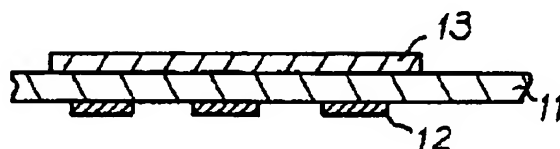
会社ニコン大井製作所内

(54)【発明の名称】 フォトマスク

(57)【要約】

【目的】 微細パターンの高コントラストの像を得ることのできるフォトマスクを提供する。

【構成】 透明基板11の下面には、クロム等からなる遮光膜12が所定のピッチで設けられ、光透過部(基板裸面部)と遮光部が交互に繰り返されるラインアンドスペースパターンが形成されている。透明基板11の上側(下側でも良い)には、パターンの辺と平行な方向(紙面垂直方向)に電気ベクトルが振動する光のみを透過させる偏光膜13がラインアンドスペースパターン全体にまたがるように設けられている。図には示されていないが、偏光膜13の他に位相シフト膜を加える構成としても良い。かかるフォトマスクを用いると、電気ベクトルの振動方向が入射面に垂直な方向に揃ったTE偏光によって像が形成されることになり、像のコントラストが高まる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 投影転写すべきパターンが透明基板上に形成されたフォトマスクにおいて、前記透明基板の光透過部に、前記パターンの辺と平行な方向に電気ベクトルが振動している光のみを透過させる偏光部材が設けられたことを特徴とするフォトマスク。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体素子製造のリソグラフィ工程において、被投影原版として用いられるフォトマスク（レチクルとも言う）に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】半導体素子製造のリソグラフィ工程において、被投影原版として用いられるフォトマスクは、一般的には、透明基板上にクロム等の金属からなる遮光パターンが形成された構造をなしており、フォトマスクを透過照明し、投影光学系によって遮光パターンの像をウエハ面上に結像することにより、所望の回路パターンをウエハ面に転写していた。

【0003】また、最近では、投影像のコントラストを高めるために、光透過部の特定の箇所に透過光の位相を変化させる位相シフト部を設けた位相シフトマスクが種々提案されている。例えば、特公昭62-50811号公報には、空間周波数変調型の位相シフトマスクに関する技術が開示されている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記のような従来の技術においては、近年の半導体素子の高集積化に伴う回路パターンの微細化に対応できないという問題点がある。即ち、従来から汎用されている基板裸面部（光透過部）と遮光部とだけからなるフォトマスクでは、光の振幅の情報をを用いてパターン像の投影転写を行っており、近年開発された位相シフトマスクでは、光の振幅の情報に光の位相の情報を加えることによってパターン像のコントラストを高めているが、これらの手法には自ら結像性能に限界があり、微細パターンについて満足すべき高コントラストの像が得られていない。

【0005】この発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、光の振幅と位相以外の第三の情報を利用することにより、高解像性・高コントラストの結像性能を実現できるフォトマスクを提供することを目的とするものである。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明のフォトマスクは、投影転写すべきパターンが透明基板上に形成されており、上記の課題を達成するために、前記透明基板の光透過部に、前記パターンの辺と平行な方向に電気ベクトルが振動している光のみを透過させる偏光部材が設けられたものである。

## 【0007】

【作用】本発明の作用を図2及び図3を参照して説明する。図2に示される一般的な露光装置では、照明光学系24からの光でフォトマスク21が照明されると、フォトマスク21上のパターンに応じて回折光が発生する。これらの回折光（図では0次回折光と±1次回折光を示す）は、投影光学系22により再度、像面23上に集められ、これによりウエハ面上にフォトマスク21のパターン像が転写される。

【0008】次に、像面23付近の回折光の様子を模式的に示したものが図3（a）、（b）である。図3（a）は、TE（transverse electric）偏光と呼ばれる状態であり、電気ベクトルの振動方向が入射面（紙面内面）に垂直な光である。一方、図3（b）はTM（transverse magnetic）偏光と呼ばれる状態であり、磁気ベクトルの振動方向が入射面に垂直、即ち、電気ベクトルの振動方向が入射面内にある。偏光部材を設けない従来のフォトマスクでは、図3（a）のTE偏光と図3（b）のTM偏光の平均状態が観測されるが、フォトレジスト等の感光材料の光化学反応は電磁波である光の電場の作用によって進行するので、リソグラフィ行程においては電気ベクトルの振動方向が問題となる。

【0009】図3（a）と図3（b）を比較すると解るように、TE偏光の場合は、0次、±1次…の各回折光の電気ベクトルの振動方向が全て紙面に垂直な方向にそろっており、回折光同志の干渉効果が最大となって、高コントラストの像となる。TM偏光の場合は、次数の異なる回折光の電気ベクトルの振動方向は各回折光の進行方向のなす角に応じた分だけずれることになり、回折光同志の干渉効果が低減して、像のコントラストを落とす方向に作用する。

【0010】一般的な説明は以上の通りであるが、更に解りやすいように、具体例としてフォトマスク21に紙面垂直方向に伸長するラインアンドスペースパターン（遮光部と光透過部が交互に同じ幅で繰り返されるパターン）が設けられており、フォトマスク21からの回折光のうち0次回折光と±1次回折光によりパターン像が形成される場合を考える。この場合、0次回折光の振幅は1/2、±1次回折光の振幅は1/πである。

【0011】図3に示してある様に、x（紙面左右方向）、y（紙面垂直方向）、z（紙面上下方向）座標軸を設定し、0次回折光の方向余弦を（0, 0, 1）、±1次回折光の方向余弦を（±α, 0, γ）として、0次回折光、±1次回折光の波動（ベクトル量）をψ<sub>0</sub>、ψ<sub>±1</sub>、とすると、TE偏光の場合の各回折光の波動は式1～3で表わされる。式中kは定数（=2π/λ）である。

## 【0012】

【数1】

$$\phi_0 = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} e^{ik(0x+0y+1z)} \quad \dots\dots\dots \text{式 1}$$

$$\phi_1 = \frac{1}{\pi} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} e^{ik(\alpha x+0y+\gamma z)} \quad \dots\dots\dots \text{式 2}$$

$$\phi_{-1} = \frac{1}{\pi} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} e^{ik(-\alpha x+0y+\gamma z)} \quad \dots\dots\dots \text{式 3}$$

【0013】0次回折光及び±1次回折光の波動 $\phi_0$ 、 \* 【0014】

$\phi_{\pm 1}$  を合成した波動場 $\Psi_{TE}$ は式4となり、強度分布I 【数2】

$I_{TE}(x, z) = |\Psi|^2$  は、式5となる。

$$\Psi_{TE} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} \left[ \frac{1}{2} e^{ikz} + \frac{1}{\pi} e^{ik\gamma z} (e^{ik\alpha x} + e^{-ik\alpha x}) \right] \quad \dots\dots\dots \text{式 4}$$

$$I_{TE}(x, z) = \frac{1}{4} + \frac{2}{\pi} \cos(k\alpha x) \cdot \cos\{k(1-\gamma)z\} + \frac{4}{\pi^2} \cos^2(k\alpha x) \quad \dots\dots\dots \text{式 5}$$

【0015】一方、TM偏光の場合の各回折光の波動は 30※ 【0016】

式6~8で表わされる。 ※ 【数3】

$$\phi_0 = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} e^{ikz} \quad \dots\dots\dots \text{式 6}$$

$$\phi_1 = \frac{1}{\pi} \begin{pmatrix} \gamma \\ 0 \\ -\alpha \end{pmatrix} e^{ik(\alpha x+0y+\gamma z)} \quad \dots\dots\dots \text{式 7}$$

$$\phi_{-1} = \frac{1}{\pi} \begin{pmatrix} \gamma \\ 0 \\ \alpha \end{pmatrix} e^{ik(-\alpha x+0y+\gamma z)} \quad \dots\dots\dots \text{式 8}$$

【0017】0次回折光及び±1次回折光の波動 $\phi_0$ 、 【0018】

$\phi_{\pm 1}$  を合成した波動場 $\Psi_{TM}$ は、式9となり、強度分布 【数4】

$I_{TM}(x, z) = |\Psi|^2$  は、式10となる。

$$\Psi_{TM} = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} e^{ikz} + \frac{1}{\pi} \gamma e^{ik\gamma z} (e^{ik\alpha x} + e^{-ik\alpha x}) \\ 0 \\ -\frac{1}{\pi} \alpha e^{ik\gamma z} (e^{ik\alpha x} - e^{-ik\alpha x}) \end{bmatrix}$$

.....式 9

$$I_{TM}(x, z) = \frac{1}{4} + \frac{2}{\pi} \gamma \cos(k\alpha x) \cdot \cos\{k(1-\gamma)z\} \\ + \frac{4}{\pi^2} \left\{ \alpha^2 + (\gamma^2 - \alpha^2) \cos^2(k\alpha x) \right\}$$

.....式 10

【0019】ここで、像の評価指標として、ログ・スロープ(log slope) 値を考える。このログ・スロープ値とは、幾何光学的な明暗の境界における強度Iの対数をとった時の微分値であり、即ち  $\partial \log I / \partial x$  の値である。そして、この値が大きい方が、いわゆる高コントラストの像であることを示している。式5と式10より、おのおのTE偏光、TM偏光の時のログ・スロープ値を計算できる。簡単のため、ベスト・フォーカス面にて考え\*

るものとして、Z=0として計算すると、TE偏光のときのログ・スロープ値L<sub>TE</sub>は式11、TM偏光のときのログ・スロープ値L<sub>TM</sub>は式12となる。また非偏光状態のときのログ・スロープ値は、TE偏光とTM偏光の平均状態である。

【0020】

【数5】

$$L S_{TE} = \frac{4\lambda}{\alpha} \quad \text{.....式 11}$$

$$L S_{TM} = \frac{4\lambda}{\alpha} \cdot \frac{\sqrt{1-\alpha^2}}{1+16\alpha^2/\pi^2} \quad \text{.....式 12}$$

【0021】式12のうち、 $4\lambda/\alpha$ に掛かっている項を考えると、分子は1より小さく、分母は1より大きいので、全体として式12の値は、式11の値より小さいことが理解される。このことは、TE偏光での結像の方が、TM偏光での結像よりも高いログ・スロープ値を有していることを示している。また、 $\alpha$ は回折角に対応するので、回折角の大きい微細パターン程、TE偏光の優位性は大きくなる。

【0022】更に、非偏光状態は、TE偏光とTM偏光の平均状態であるから、TE偏光による結像は、当然、非偏光による結像より、高いログ・スロープ値を有していて、いわゆる高コントラストな像を達成することになる。即ち、フォトマスクの光透過部に偏光部材を設けて、非偏光状態の(TE偏光とTM偏光の平均状態)露光光をTE偏光状態に変換して、TE偏光だけで結像させることにより、微細パターン像のコントラストを高めることが可能となる。この際、光の偏光と位相は独立した情報であるから、偏光部材とともに位相シフト部材を

設けて、光の振幅、位相、偏光の3つの情報を利用して回路パターン像を得るようにしても良い。

【0023】

【実施例】図1は、本発明実施例によるフォトマスクの構成を示す断面図である。図において、石英等からなる透明基板11の下面には、クロム等からなる遮光膜12が所定のピッチで設けられている。本実施例における遮光膜12は、紙面と垂直な方向に充分長く(紙面内方向のピッチと比べて)形成されており、光透過部と遮光部が交互に繰り返されるいわゆるラインアンドスペースパターンを構成している。また、透明基板11の上側には、遮光膜12の辺と平行な方向(即ち、紙面に対して垂直な方向)に電気ベクトルの振動面を有する光だけを透過させる偏光膜13が、ラインアンドスペースパターン全体を覆うように設けられている。この遮光膜13は、図1の例では、透明基板11の上側に付してあるが、下側(遮光パターン形成面側)に付けることも可能である。

【0024】次に、図1のフォトマスクを図2で説明し

た露光装置に用いた場合の結像について説明する。まず、フォトマスク21が照明光学系24からの露光光で透過照明されると、紙面垂直方向に伸長するラインアンドスペースパターンによって露光光が回折されて紙面内方向に回折光が広がる。この際、図1のフォトマスク21の透明基板上面には紙面垂直方向に電気ベクトルが振動する光だけを透過させる偏光膜13が設けられているので、フォトマスク21からはTE偏光の回折光だけが射出される。フォトマスク21からの回折光は、投影光学系22で再度集められ、結像面23に図1のラインアンドスペースパターンの像が結像されて、結像面23に水平に保持されたウェハ(図示せず)面に回路パターンが転写される。

【0025】本実施例では、電気ベクトルがパターンの辺に平行な方向に振動する光だけで結像されるので、作用の項で説明したように、回折光同志の干渉効果が高まり、暗部と明部のコントラストの高い像が得られる。また、パターンピッチが小さくなる程1次以上の回折光の回折角が大きくなるため、従来のように、非偏光状態(TE偏光+TM偏光)の光で結像される場合は、TM偏光の振動方向のずれが大きくなる分だけ像のコントラ

\*ストが低下することになるが、本実施例のようにTE偏光だけで結像される場合は、回折角が変わっても電気ベクトルの振動方向は変わらないので、高いコントラストが維持される。即ち、図1のような構造のフォトマスクを用いることにより、ラインアンドスペースパターンのピッチが非常に小さくなくても高コントラストの像を得ることができ、微細パターン程、従来のフォトマスクに対する優位性が明確になる。

【0026】次に、例として、露光波長 $\lambda = 365\text{nm}$ として、式11~12から、各偏光状態(TE偏光、TM偏光、TE偏光とTM偏光の平均)で得られるベスト・フォーカスでのパターン像のログ・スロープ値を求めた結果を示す。この表1の結果からも、微細パターン程、本発明の優位性が発揮されることが明らかであり、例えば64M

DRAM等の集積度の高い半導体素子を製造するにあたって本発明のフォトマスクが非常に有効であることが理解される。

【0027】  
【表1】

線幅 (L / S)	TE	TM	平均
0.7 $\mu\text{m}$	11.429	9.938	10.683
0.6 $\mu\text{m}$	13.333	11.045	12.189
0.5 $\mu\text{m}$	16.000	12.250	14.125
0.4 $\mu\text{m}$	20.000	13.307	16.653
0.3 $\mu\text{m}$	26.667	13.229	19.948

【0028】さて、上記においては、説明を簡単にするために、遮光膜だけでパターン形成されているフォトマスクに偏光部材(偏光膜13)を付加した場合について説明したが、本発明では位相シフトマスクの光透過部に偏光部材を設ける構成とすることもできる。位相シフトマスクについては、遮光部を介して隣合う光透過部の一方に位相シフト部材を付加する空間周波数変調方式(例えば特公昭62-50811号公報に記載のフォトマスク)の他、厚さの異なる位相部材を設ける多段方式、遮光パターンの周縁部に位相シフト部材からなる補助パターンを設ける補助パターン方式、遮光部と光透過部の境界に位相シフト部材を設けるエッジ強調方式等種々の方式が提案されているが、本発明は何れの方式の位相シフトマスクにも適用できるものであり、回路パターンによって、位相シフトマスクの一部分だけに偏光部材を付加したり、同一部分に位相シフト部材と偏光部材の両方を設けたりしても良い。また、転写すべきパターン像の暗部に対応する箇所に必ずしも遮光膜を設ける必要はなく、位相シフト部材だけでパターン形成しても良い。例えば、

位相シフト部材を市松格子状に位置することによって遮光膜を用いなくとも暗部が得られる。

【0029】更に、パターンの形状についても、図1のようなラインアンドスペースパターンに限るものでないことは言うまでもなく、ホールパターン等の孤立パターンであっても良い。例えば略正方形ホールパターン部分に偏光部材を付加する場合には、正方形の各辺それぞれに対して、辺と平行な方向に電気ベクトルが振動する光のみを透過させる偏光部材を設けると良い。

【0030】なお、上記の説明においては、透過型のフォトマスクについて述べてきたが、透明基板上に反射部材(反射膜)を設けた反射型マスクについても、反射部に偏光部材を付加することによって透過型フォトマスクと同様に像のコントラストを高めることができる。反射型フォトマスクは、フォトマスクを落射照明して、反射膜からの反射光を結像光学系で集めて像を形成するものであり、光透過部が像の暗部、反射部が像の明部に対応するので、上述の透過型フォトマスクの光透過部を反射部、遮光部を光透過部と置き換えて考えれば良く、光透

過部と反射部の境界（パターンの辺）に平行な方向に電気ベクトルが振動する光を透過する偏光部材を反射部に設ければ良い。

【0031】

【発明の効果】以上の様に本発明のフォトマスクにおいては、転写すべきパターンの辺と平行な方向に電気ベクトルが振動する光のみを透過させる偏光部材を設けているので、フォトマスクからの回折光の電気ベクトルの振動方向が揃うことになり、回折光同志の干渉性が増し、コントラストの高い像を得ることができる。

【0032】また、本発明によれば、回路パターンが微細化してフォトマスクからの光の回折角が大きくなっても、高いコントラストを維持できるので、微細パターン程、従来のフォトマスクに対する優位性が発揮される。更に、本発明のフォトマスクは、近年開発された位相シフトマスクとの組み合わせも自在であり、集積度の高い\*

\* 半導体素子を製造する場合に非常に有用である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明実施例によるフォトマスクの構造を示す断面図である。

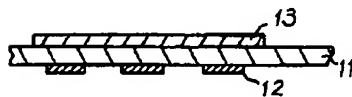
【図2】露光装置における結像の原理を説明するための模式図である。

【図3】(a),(b)は、各々TE, TM偏光による結像の様子を示す概念図である。

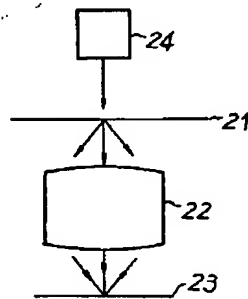
【主要部分の符号の説明】

- |    |        |
|----|--------|
| 11 | 透明基板   |
| 12 | 遮光膜    |
| 13 | 偏光膜    |
| 21 | フォトマスク |
| 22 | 投影光学系  |
| 23 | 結像面    |
| 24 | 照明光学系  |

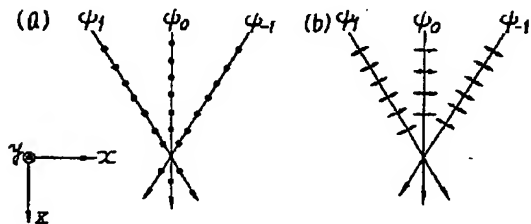
【図1】



【図2】



【図3】



【手続補正書】

【提出日】平成4年9月9日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0003

【補正方法】変更

【補正内容】

【0003】また、投影像のコントラストを高めるため、例えば、特公昭62-50811号公報には、光透過部の特定の箇所に透過光の位相を変化させる位相シフト部を設けた位相シフトマスクに関する技術が開示されている。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0028

【補正方法】変更

【補正内容】

【0028】さて、上記においては、説明を簡単にするために、遮光膜だけでパターン形成されているフォトマスクに偏光部材（偏光膜13）を付加した場合について説

明したが、本発明では、位相シフトマスクの光透過部に偏光部材を設ける構成とすることもできる。位相シフトマスクについては、遮光部を介して隣合う光透過部の一方に位相シフト部材を付加する空間周波数変調方式の他、厚さの異なる位相部材を設ける多段方式、遮光パターンの周縁部に位相シフト部材からなる補助パターンを設ける補助パターン方式、遮光部と光透過部との境界に位相シフト部材を設けるエッジ強調方式等種々の方式が提案されているが、本発明は何れの方式の位相シフトマスクにも適用できるものであり、回路パターンによって、位相シフトマスクの一部分だけに偏光部材を付加したり、同一部分に位相シフト部材と偏光部材の両方を設けたりしても良い。また、転写すべきパターン像の暗部に対応する箇所に必ずしも遮光膜を設ける必要はなく、位相シフト部材だけでパターン形成しても良い。例えば、位相シフト部材を市松格子状に配置することによって、遮光膜を用いなくとも暗部が得られる。

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載  
 【部門区分】第6部門第2区分  
 【発行日】平成12年11月24日(2000.11.24)

【公開番号】特開平5-88356  
 【公開日】平成5年4月9日(1993.4.9)  
 【年通号数】公開特許公報5-884  
 【出願番号】特願平3-291466  
 【国際特許分類第7版】

G03F 1/08  
 H01L 21/027

【F I】

H01L 21/30 301 P  
 G03F 1/08 D

【手続補正書】  
 【提出日】平成11年6月28日(1999.6.28)  
 【手続補正1】  
 【補正対象書類名】明細書  
 【補正対象項目名】発明の名称  
 【補正方法】変更  
 【補正内容】  
 【発明の名称】 フォトマスクおよびパターン転写方法

【手続補正2】  
 【補正対象書類名】明細書  
 【補正対象項目名】特許請求の範囲  
 【補正方法】変更  
 【補正内容】  
 【特許請求の範囲】  
 【請求項1】 投影転写すべきパターンが透明基板上に形成されたフォトマスクにおいて、前記透明基板の光透過部に、前記パターンの辺と平行な方向に電気ベクトルが振動している光のみを透過させる偏光部材が設けられたことを特徴とするフォトマスク。  
 【請求項2】 投影転写すべきパターンが透明基板上に形成されたフォトマスクにおいて、前記透明基板の光透過部に、前記パターンの辺と平行な方向に電気ベクトルが振動している光のみを透過させる偏光部材を設け、前記フォトマスクを用いることによって、ウエハ面上にフォトマスクのパターン像を転写するパターン転写方法。  
 【手続補正3】  
 【補正対象書類名】明細書  
 【補正対象項目名】0005

【補正方法】変更  
 【補正内容】

【0005】この発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、光の振幅と位相以外の第三の情報を利用することにより、高解像性・高コントラストの結像性能を実現できるフォトマスク、および前記フォトマスクを用いることによってウエハ面上にフォトマスクのパターン像を転写するパターン転写方法を提供することを目的とするものである。

【手続補正4】  
 【補正対象書類名】明細書  
 【補正対象項目名】0006  
 【補正方法】変更  
 【補正内容】  
 【0006】

【課題を解決するための手段】請求項1に係わる本発明では、フォトマスクは、投影転写すべきパターンが透明基板上に形成されており、上記の課題を達成するために、前記透明基板の光透過部に、前記パターンの辺と平行な方向に電気ベクトルが振動している光のみを透過させる偏光部材が設けられたものである。また、請求項2に係わる本発明では、フォトマスクは、投影転写すべきパターンが透明基板上に形成されており、上記の課題を達成するために、前記透明基板の光透過部に、前記パターンの辺と平行な方向に電気ベクトルが振動している光のみを透過させる偏光部材を設け、前記フォトマスクを用いることによって、ウエハ面上にフォトマスクのパターン像を転写するパターン転写方法を提供するものである。